



Pengaruh Inovasi Material Ramah Lingkungan terhadap Kualitas Bangunan di Indonesia dalam Perspektif Undang-Undang Jasa Konstruksi

Aris Krisdiyanto

Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, Indonesia

*Corresponding Author's e-mail: aris-krisdiyanto@untagsmg.ac.id

Article History:

Received: October 21, 2025

Revised: November 1, 2025

Accepted: November 30, 2025

Keywords:

Environmentally Friendly Materials;

Building Quality;

Sustainable Construction Services;

Construction Regulations;

Energy Efficiency

Abstract: Innovation in environmentally friendly materials has become a crucial aspect of Indonesia's construction industry, particularly within the context of Law No. 2 of 2017 on Construction Services, which emphasizes sustainability and building quality. This study aims to analyze the impact of implementing eco-friendly materials on building quality in Indonesia by considering structural aspects, energy efficiency, and compliance with construction service regulations. The research method combines a survey of 150 construction professionals with laboratory testing of three innovative materials: green concrete, recycled steel, and natural fiber panels. The results show that the use of environmentally friendly materials increases energy efficiency by up to 30% and structural quality by 15%. Green concrete exhibits 15% higher compressive strength, recycled steel demonstrates corrosion resistance of up to 92%, and natural fiber panels provide thermal efficiency of 80%. A total of 78% of respondents support the use of innovative materials, although 60% still consider cost and availability constraints. This study confirms that the application of eco-friendly materials aligns with the provisions of the Construction Services Law, thereby requiring policy support to optimize production costs and strengthen supply chains for broader implementation, particularly in rural areas.

Copyright © 2025, The Author(s).

This is an open access article under the CC-BY-SA license



How to cite: Krisdiyanto, A. (2025). Pengaruh Inovasi Material Ramah Lingkungan terhadap Kualitas Bangunan di Indonesia dalam Perspektif Undang-Undang Jasa Konstruksi. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 4(11), 3529–3541. <https://doi.org/10.55681/sentri.v4i11.4829>

PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi kontemporer, termasuk di Indonesia, penggunaan bahan ramah lingkungan telah menjadi komponen penting (Husin, Ardiansyah, Kussumardianadewi, & Kurniawan, 2023; Kumar, Aggarwal, & Gupta, 2023; Minde, Bhagat, Patil, & Kulkarni, 2023). Kebutuhan akan pembangunan yang lebih efisien, hemat energi, dan berdampak minimal terhadap lingkungan mendorong penggunaan material inovatif yang berkelanjutan. Untuk mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi sumber daya, berbagai proyek konstruksi telah menerapkan material seperti beton hijau, baja daur ulang, dan kayu bersertifikat.

Sejalan dengan tuntutan keberlanjutan tersebut, regulasi di sektor konstruksi semakin menekankan pentingnya penggunaan material yang lebih ramah lingkungan. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi mengatur bahwa jasa konstruksi harus memenuhi prinsip keselamatan, keamanan, kesehatan, dan keberlanjutan

lingkungan dalam setiap tahap pembangunan. Regulasi ini mengamanatkan agar industri konstruksi mengadopsi inovasi yang mendukung efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan, termasuk penggunaan material yang lebih ramah lingkungan (Chauhan & Kumar, 2023; Fan dkk., 2023; Salim & Sarmin, 2023). Selain itu, Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Jasa Konstruksi juga mendorong pengembangan teknologi dan material konstruksi berkelanjutan.

Material baru yang lebih ringan, kuat, dan tahan lama telah muncul berkat kemajuan dalam industri konstruksi. Inovasi dalam material konstruksi tidak hanya meningkatkan kualitas struktural tetapi juga meningkatkan kenyamanan tinggal. Misalnya, material dengan kemampuan isolasi termal yang baik dapat membantu mengurangi jumlah energi yang dikonsumsi oleh bangunan (EL-Mously, Midani, & Darwish, 2023; Siva Kumar Reddy & Balasubramanian, 2023; Zapata, Restrepo, Arias, & Ochoa, 2023). Di sisi lain, material dengan daya tahan tinggi dapat memperpanjang umur bangunan dan mengurangi kebutuhan untuk renovasi dan perawatan tambahan.

Kualitas bangunan di Indonesia masih menghadapi banyak tantangan terkait ketahanan terhadap lingkungan, efisiensi energi, dan dampak ekologis. Penggunaan material konvensional sering kali memiliki keterbatasan dalam hal keberlanjutan, sehingga inovasi dalam material ramah lingkungan adalah solusi untuk meningkatkan standar kualitas bangunan. Mengadopsi material yang lebih ramah lingkungan juga mengurangi limbah konstruksi dan emisi karbon. Namun, implementasi material ramah lingkungan di Indonesia masih menghadapi kendala seperti biaya tinggi, keterbatasan teknologi, dan kurangnya regulasi teknis yang lebih spesifik untuk mendukung material inovatif.

Pemerintah Indonesia telah menetapkan peraturan yang mendukung penggunaan material berkelanjutan dalam proyek infrastruktur dan perumahan. Dalam konteks ini, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bangunan Gedung mengharuskan penggunaan material dengan prinsip keberlanjutan (Alaneme, Olonade, & Esenogho, 2023; Ashori, Ayrilmis, & Heydari, 2023; Ramadan, Khatib, Ghorbel, & Elkordi, 2023). Selain itu, beberapa pemerintah daerah telah menerapkan kebijakan bangunan hijau yang mengadopsi material ramah lingkungan sebagai bagian dari standar pembangunan. Hal ini menunjukkan bahwa adopsi inovasi material tidak hanya bergantung pada perkembangan teknologi, tetapi juga pada kebijakan pemerintah yang mendorong penerapannya di sektor konstruksi.

Berbagai industri konstruksi semakin menyadari pentingnya menggunakan material yang ramah lingkungan (Bolotova, 2023; Noor Abbas, Nora Aznieta Abdul Aziz, Abdan, Azline Mohd Nasir, & Fahim Huseien, 2023; Tanta & Kanwar, 2023). Pemerintah Indonesia telah menetapkan peraturan yang mendukung penggunaan material berkelanjutan dalam proyek infrastruktur dan perumahan. Industri konstruksi beradaptasi dengan tuntutan pasar yang lebih peduli terhadap dampak lingkungan. Akibatnya, banyak pengembang mulai mencari alternatif material yang tidak hanya berkualitas tinggi tetapi juga lebih ramah lingkungan.

Studi telah menunjukkan bahwa menggunakan material baru dapat meningkatkan ketahanan struktural dan efisiensi termal bangunan. Studi tentang beton ramah lingkungan dan material berbasis serat alami telah menunjukkan bahwa kedua jenis material dapat meningkatkan ketahanan bangunan terhadap cuaca ekstrim (Ahmed & Rana, 2023; Krishna Teja dkk., 2023; Terrones-Saeta dkk., 2023). Di Indonesia, penggunaan material kreatif sangat penting untuk meningkatkan kualitas bangunan karena tuntutan akan bangunan yang lebih tahan lama dan hemat energi.

Untuk mengadopsi material ramah lingkungan secara luas, industri konstruksi Indonesia masih melewati banyak tantangan. Beberapa di antaranya adalah biaya, keterbatasan teknologi, dan kurangnya kesadaran pelaku industri. Oleh karena itu, regulasi yang lebih spesifik dan insentif yang lebih kuat diperlukan untuk mempercepat transisi menuju konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini akan membahas bagaimana inovasi material ramah lingkungan dapat berkontribusi terhadap kualitas bangunan di Indonesia, dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, serta regulasi yang mendukung implementasi material tersebut.

Tidak ada yang benar-benar memahami bagaimana inovasi material ramah lingkungan berdampak pada kualitas bangunan di Indonesia. Berbagai material baru telah ditambahkan, tetapi belum banyak penelitian tentang seberapa efektif mereka meningkatkan ketahanan struktural, efisiensi energi, dan umur bangunan. Ada sedikit penelitian empiris yang dilakukan di Indonesia yang mengukur bagaimana material inovatif berkontribusi pada aspek keberlanjutan konstruksi.

Untuk menerapkan material ramah lingkungan secara luas, ada banyak masalah yang belum diselesaikan (Alsuhaibani dkk., 2023; Antoniadou, Chrysochoou, Tzanetopoulos, & Riza, 2023; Petkar, Chandrasekar, Pillai, & Radhika, 2023). Ada beberapa kendala utama untuk adopsinya, termasuk ketersediaan material, biaya produksi, dan tingkat penerimaan oleh industri konstruksi. Proses menuju konstruksi berkelanjutan sangat lambat karena tidak ada informasi tentang bagaimana inovasi ini dapat bersaing dengan material konvensional dalam hal kekuatan, daya tahan, dan efisiensi biaya.

Tidak banyak penelitian yang dilakukan tentang dampak jangka panjang dari material inovatif terhadap kualitas bangunan di berbagai kondisi lingkungan di Indonesia. Performa material ramah lingkungan dapat sangat dipengaruhi oleh iklim tropis, kelembaban tinggi, dan kondisi geologi yang beragam. Penelitian lebih mendalam tentang aspek teknis dan aplikatif material inovatif diperlukan karena penelitian tentang cara mereka dapat beradaptasi dengan kondisi lokal masih terbatas.

Tidak banyak penelitian yang dilakukan tentang persepsi dan kesiapan industri konstruksi terhadap penggunaan material ramah lingkungan. Karena mereka tidak memahami manfaatnya dalam jangka panjang, banyak pengembang dan kontraktor enggan beralih ke material berkelanjutan. Sangat diperlukan penelitian yang lebih mendalam tentang komponen psikologis, regulasi, dan insentif yang dapat mendorong adopsi produk inovatif.

Indonesia masih kekurangan kebijakan dan peraturan yang mendukung penggunaan material ramah lingkungan dalam konstruksi. Tidak banyak penelitian yang menyelidiki seberapa efektif kebijakan yang telah diterapkan serta kendala yang dihadapi dalam pelaksanaannya. Untuk mempercepat peralihan ke konstruksi yang lebih ramah lingkungan, studi tentang bagaimana kebijakan dapat mendorong penggunaan material berkelanjutan harus dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan tentang bagaimana penggunaan material ramah lingkungan berdampak pada kualitas bangunan di Indonesia. Dalam penelitian ini, akan dibahas berbagai cara material inovatif dapat meningkatkan ketahanan struktur, efisiensi energi, dan keberlanjutan bangunan (César dkk., 2023; Kiran, Chethana, Singh, Joshi, & Jain, 2023; Sanei, Khodadad, & Calonge Reillo, 2023). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan saran bagi industri konstruksi dan pembuat kebijakan untuk mendorong penggunaan material ini lebih sering. Ini dimaksudkan untuk memahami dampak nyata dari penggunaan material ini.

Fokus utama penelitian ini akan terfokus pada bagaimana industri konstruksi menghadapi hambatan dalam adopsi material ramah lingkungan. Studi ini akan menemukan hal-hal yang menghambat penggunaan material berkelanjutan dan cara untuk meningkatkan penerimaannya. Penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih spesifik tentang bagaimana inovasi material dapat digunakan untuk proyek konstruksi di Indonesia dengan menggunakan metodologi yang lebih berbasis data.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang bagaimana inovasi material ramah lingkungan dapat meningkatkan kualitas bangunan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi regulasi yang lebih efektif serta memberikan panduan bagi pelaku industri dalam memilih dan menerapkan material yang lebih berkelanjutan (Bakde dkk., 2023; Dharmasastha, Samuel, Nagendra, & Maiya, 2023; Rahmathulla Noufal, Kasthurba, Sudhakumar, & Manju, 2023). Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi nyata dalam mempercepat transisi menuju konstruksi yang lebih hijau dan berkualitas di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang untuk menganalisis bagaimana pengembangan material ramah lingkungan berdampak pada kualitas bangunan di Indonesia dalam konteks regulasi yang berlaku, khususnya Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi dan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Jasa Konstruksi (Azhimov & Manukhina, 2023; Parlato, Midolo, Porto, & Valenti, 2023; Ullah dkk., 2023). Regulasi ini mengamanatkan penggunaan teknologi dan material yang mendukung keberlanjutan serta meningkatkan efisiensi energi dalam industri konstruksi. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menilai aspek teknis dari material inovatif, tetapi juga sejauh mana implementasi material ini sesuai dengan standar hukum yang berlaku.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari kuesioner dan wawancara untuk mengumpulkan data persepsi terhadap efektivitas material inovatif, serta pengujian laboratorium untuk menilai karakteristik teknis material (Jung, Abdelaziz Mahmoud, Al Qassimi, & Elsamanoudy, 2023; Muñoz, Céspedes, Romero Cueva, & Porras, 2023; Nasir dkk., 2023). Kriteria pengujian laboratorium mengacu pada standar nasional yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN), terutama SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural dan SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural. Standarisasi ini memastikan bahwa material yang diuji memenuhi regulasi teknis yang berlaku di Indonesia.

Proses penelitian dimulai dengan melakukan survei dan wawancara terhadap pelaku industri konstruksi yang terlibat dalam proyek berkelanjutan. Data sekunder dikumpulkan dari laporan proyek, regulasi pemerintah terkait material ramah lingkungan, serta publikasi ilmiah yang relevan. Dalam analisisnya, penelitian ini juga mempertimbangkan aspek regulasi yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bangunan Gedung, yang mengamanatkan penggunaan material berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan bangunan.

Data yang dikumpulkan akan dianalisis menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi kinerja teknis material,

seperti kekuatan tekan, ketahanan korosi, dan efisiensi energi. Sementara itu, analisis kualitatif akan mengkaji persepsi pemangku kepentingan mengenai kendala dan peluang implementasi material ramah lingkungan, serta kesesuaiannya dengan regulasi yang ada. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi industri konstruksi dan pemerintah dalam mengoptimalkan penggunaan material inovatif sesuai dengan kebijakan jasa konstruksi yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup informasi sekunder dari berbagai laporan dan regulasi yang relevan, survei terhadap pelaku industri konstruksi, dan uji laboratorium terhadap material ramah lingkungan. Sebuah survei dilakukan terhadap 150 ahli konstruksi, termasuk arsitek, insinyur sipil, dan pengembang properti, yang terlibat dalam proyek yang melibatkan penggunaan material berkelanjutan (Amin dkk., 2023; Bradu dkk., 2023; Cai dkk., 2023). Hasil survei menunjukkan bahwa 78% orang yang menjawab mengatakan bahwa material inovatif dapat meningkatkan kualitas bangunan, tetapi 22% masih ragu tentang keefektifannya dalam jangka panjang.

Pengujian laboratorium terhadap tiga jenis material inovatif beton hijau, baja daur ulang, dan panel serat alami menunjukkan bahwa material ini lebih tahan terhadap korosi dan memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan material konvensional. Beton hijau memiliki daya tahan tekan 15% lebih tinggi daripada beton biasa, baja daur ulang menunjukkan ketahanan terhadap korosi hingga 92%, dan panel berbasis serat alami memberikan efisiensi termal sebesar 80%. Hasil ini menunjukkan bahwa inovasi material berperan dalam meningkatkan kualitas bangunan, sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi yang menekankan pentingnya keselamatan, ketahanan, dan keberlanjutan dalam pembangunan.

Selain peningkatan kualitas teknis, penggunaan material ramah lingkungan juga berkontribusi pada efisiensi energi. Beberapa proyek gedung perkantoran di Jakarta yang telah menerapkan material inovatif mengalami pengurangan konsumsi listrik hingga 20% dalam operasional tahun pertama. Efisiensi ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 yang mengatur bahwa proyek konstruksi harus mempertimbangkan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan dalam setiap tahap perencanaan dan pelaksanaan. Tabel berikut menyajikan perbandingan antara material inovatif dan material konvensional berdasarkan hasil pengujian laboratorium:

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Material Konvensional dan Inovatif

Jenis Material	Kekuatan Tekan (MPa)	Ketahanan Korosi (%)	Efisiensi Termal (%)
Beton Konvensional	25	-	60
Beton Hijau	28,75	-	75
Baja Konvensional	-	85	-
Baja Daur Ulang	-	92	-
Panel Konvensional	-	-	50
Panel Serat Alami	-	-	80

Dari hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa material inovatif memberikan peningkatan signifikan dalam kekuatan struktural, ketahanan terhadap lingkungan, dan efisiensi energi. Beton hijau, misalnya, tidak hanya memiliki daya tahan tekan yang lebih

baik tetapi juga mengurangi emisi karbon dalam proses produksinya hingga 15%, sejalan dengan kebijakan pemerintah terkait bangunan hijau yang tertuang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bangunan Gedung.

Meskipun material inovatif menawarkan banyak manfaat, implementasinya masih menghadapi tantangan. Sebanyak 60% responden yang masih ragu terhadap material ramah lingkungan menyebutkan bahwa biaya produksi yang lebih tinggi dan keterbatasan ketersediaan di pasar lokal menjadi kendala utama. Dalam konteks regulasi, Undang-Undang Jasa Konstruksi sebenarnya telah membuka peluang bagi pengembangan teknologi konstruksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Namun, untuk meningkatkan adopsi material ini, diperlukan insentif fiskal dan regulasi tambahan yang mendorong penggunaan material berkelanjutan di berbagai proyek infrastruktur dan perumahan.

Tidak semua proyek perumahan dan infrastruktur menggunakan material inovatif secara merata. Dibandingkan dengan daerah pedesaan, di mana kendala utama adalah keterbatasan distribusi dan kurangnya pengetahuan teknologi, wilayah perkotaan lebih cepat mengadopsi teknologi baru. Studi tambahan diperlukan untuk memahami bagaimana berbagai industri di Indonesia dapat memperoleh material ramah lingkungan.

Hasil menunjukkan bahwa proyek yang menggunakan material ramah lingkungan meningkatkan kualitas bangunan dan efisiensi operasional. Selama tahun pertama operasional, beberapa proyek gedung perkantoran di Jakarta telah beralih ke penggunaan bahan ramah lingkungan, yang menghasilkan pengurangan konsumsi listrik hingga 20%. Penggunaan baja daur ulang dalam proyek infrastruktur juga menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap korosi dan umur pakai.

Lebih lanjut, adopsi material inovatif lebih cepat terjadi di wilayah perkotaan dibandingkan daerah pedesaan, yang masih menghadapi kendala akses distribusi dan kurangnya pemahaman teknologi. Kota-kota seperti Jakarta dan Surabaya telah menerapkan kebijakan bangunan hijau yang mewajibkan penggunaan material berkelanjutan dalam proyek konstruksi. Namun, di daerah yang belum memiliki regulasi khusus, penggunaan material inovatif masih bergantung pada inisiatif pengembang. Hal ini menunjukkan pentingnya kebijakan yang lebih merata dalam implementasi bangunan berkelanjutan, sebagaimana diamanatkan dalam PP No. 16 Tahun 2021 tentang perencanaan dan pengawasan jasa konstruksi.

Material ramah lingkungan tidak hanya bergantung pada komponen teknis, tetapi juga pada peraturan dan dukungan pemerintah. Dibandingkan dengan proyek yang masih menggunakan metode konvensional, proyek yang mendapatkan dukungan kebijakan dan insentif pajak akan menggunakan bahan inovatif lebih cepat. Inovasi material juga dipengaruhi oleh kesiapan tenaga kerja; keberhasilan bergantung pada kemampuan tenaga kerja untuk menggunakan material baru.

Jika dibandingkan dengan bangunan konvensional, bangunan yang menggunakan material inovatif memiliki kualitas yang jauh lebih baik. Studi kasus yang dilakukan pada beberapa proyek menunjukkan bahwa penggunaan material ramah lingkungan tidak hanya mengurangi konsumsi energi tetapi juga meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan meningkatkan daya tahan terhadap perubahan iklim. Untuk menemukan komponen khusus yang berkontribusi terhadap peningkatan kualitas bangunan, analisis tambahan diperlukan.

Tingkat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya material berkelanjutan juga berperan dalam tingkat adopsinya. Masyarakat yang lebih sadar terhadap isu lingkungan lebih cenderung memilih bangunan dengan konsep hijau meskipun memiliki biaya awal yang lebih tinggi. Edukasi dan kampanye yang lebih luas diperlukan agar inovasi material ini dapat diterapkan lebih luas di berbagai lapisan masyarakat.

Hubungan antara inovasi material ramah lingkungan dengan kualitas bangunan dapat dilihat dari berbagai indikator seperti ketahanan struktural, efisiensi energi, dan dampak lingkungan. Data menunjukkan bahwa proyek yang menggunakan material inovatif mengalami peningkatan efisiensi energi hingga 30%, sementara kualitas struktural meningkat hingga 15%. Perbandingan antara proyek yang menggunakan material konvensional dan inovatif menunjukkan bahwa material ramah lingkungan memiliki keunggulan dalam keberlanjutan dan daya tahan.

Adopsi material inovatif juga berkaitan erat dengan regulasi yang berlaku di suatu wilayah. Kota-kota dengan regulasi yang mendukung bangunan hijau lebih cepat dalam mengadopsi material baru dibandingkan dengan daerah yang belum memiliki kebijakan spesifik. Hubungan antara dukungan pemerintah dan keberhasilan inovasi material menunjukkan bahwa kebijakan memainkan peran krusial dalam mendorong perubahan di sektor konstruksi.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami dampak jangka panjang dari penggunaan material ramah lingkungan terhadap kualitas bangunan di berbagai jenis proyek. Analisis lebih mendalam mengenai faktor biaya, ketersediaan bahan, serta kesiapan tenaga kerja dalam menggunakan material inovatif dapat membantu mempercepat transisi industri konstruksi menuju praktik yang lebih berkelanjutan.

Data penelitian dikumpulkan melalui survei terhadap 150 profesional konstruksi meliputi arsitek, insinyur sipil, dan pengembang properti yang terlibat dalam proyek menggunakan material berkelanjutan. 78% responden menyatakan material inovatif berdampak positif pada kualitas bangunan, sementara 22% masih meragukan efektivitas jangka panjangnya.

Pengujian laboratorium dilakukan terhadap tiga jenis material inovatif: beton hijau, baja daur ulang, dan panel berbasis serat alami. Hasil menunjukkan beton hijau memiliki daya tahan tekan 15% lebih tinggi dari beton konvensional, baja daur ulang menunjukkan ketahanan korosi lebih baik di lingkungan tropis, dan panel serat alami memiliki efisiensi termal superior.

Proyek-proyek gedung perkantoran di Jakarta yang menggunakan material ramah lingkungan mencatat pengurangan konsumsi listrik hingga 20% dalam operasional tahun pertama. Penggunaan baja daur ulang pada proyek infrastruktur memberikan hasil positif dalam ketahanan korosi dan umur pakai yang lebih panjang.

Material ramah lingkungan menunjukkan peningkatan performa signifikan dalam aspek kekuatan struktural, ketahanan terhadap lingkungan, dan efisiensi energi. Peningkatan daya tahan beton hijau sebesar 15% membuktikan material ini unggul dalam ketahanan jangka panjang sekaligus mengurangi emisi karbon dalam proses produksinya.

Responden skeptis sebanyak 60% menyoroti biaya produksi tinggi dan ketersediaan terbatas di pasar lokal sebagai hambatan utama. Proyek konstruksi di Indonesia masih memilih material konvensional karena biaya produksi rendah, meskipun material inovatif menawarkan efisiensi lebih besar dalam jangka panjang.

Wilayah perkotaan menunjukkan adopsi teknologi baru lebih cepat dibanding daerah pedesaan. Keterbatasan distribusi dan pengetahuan teknis menjadi kendala utama pemerataan penggunaan material inovatif di berbagai wilayah Indonesia.

Kualitas bangunan menggunakan material inovatif menunjukkan peningkatan efisiensi energi hingga 30% dan kualitas struktural meningkat hingga 15%. Data perbandingan membuktikan material ramah lingkungan unggul dalam aspek keberlanjutan dan daya tahan dibanding material konvensional.

Kota-kota dengan regulasi mendukung bangunan hijau menunjukkan adopsi material baru lebih cepat. Jakarta dan Surabaya telah menerapkan kebijakan penggunaan material berkelanjutan dalam proyek pembangunan gedung hijau, sementara wilayah tanpa regulasi khusus masih mengandalkan inisiatif pengembang.

Masyarakat sadar lingkungan cenderung memilih bangunan berkonsep hijau meski berbiaya awal tinggi. Proyek mendapat dukungan kebijakan dan insentif pajak menunjukkan adopsi material inovatif lebih cepat, didukung kesiapan tenaga kerja melalui pelatihan teknik penggunaan material baru.

Keseluruhan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi material ramah lingkungan memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas bangunan di Indonesia. Namun, agar implementasi material ini lebih luas, perlu adanya sinergi antara industri konstruksi, pemerintah, dan masyarakat. Regulasi yang lebih spesifik dan insentif ekonomi yang lebih kuat dapat mempercepat transisi menuju industri konstruksi yang lebih berkelanjutan dan sejalan dengan ketentuan Undang-Undang Jasa Konstruksi.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi material ramah lingkungan berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas bangunan di Indonesia. Penggunaan material inovatif seperti beton hijau, baja daur ulang, dan panel serat alami terbukti meningkatkan daya tahan struktural dan efisiensi energi. Beton hijau memiliki daya tekan 15% lebih tinggi dibandingkan beton konvensional, baja daur ulang lebih tahan terhadap korosi di lingkungan tropis, dan panel serat alami meningkatkan efisiensi termal hingga 80%. Hasil ini selaras dengan amanat Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, yang menegaskan pentingnya keberlanjutan, ketahanan, dan efisiensi energi dalam konstruksi.

Dalam aspek efisiensi energi, penerapan material inovatif mampu menurunkan konsumsi listrik pada bangunan hingga 30%. Beberapa proyek gedung perkantoran di Jakarta yang menggunakan material ramah lingkungan mencatat pengurangan konsumsi energi hingga 20% dalam tahun pertama operasional. Hal ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Jasa Konstruksi, yang mengatur bahwa setiap konstruksi harus mempertimbangkan efisiensi energi dan keberlanjutan dalam perencanaannya. Dengan demikian, penerapan material inovatif dapat mendukung regulasi yang berlaku dalam rangka mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan.

Selain peningkatan kualitas teknis, regulasi juga berperan dalam mendorong penggunaan material inovatif di sektor konstruksi. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bangunan Gedung mewajibkan penggunaan material dengan prinsip keberlanjutan dalam proyek bangunan hijau. Namun, implementasi di lapangan masih menghadapi tantangan,

terutama terkait dengan biaya produksi yang lebih tinggi dan keterbatasan rantai pasokan material ramah lingkungan.

Survei yang dilakukan terhadap 150 profesional konstruksi menunjukkan bahwa 78% responden mendukung penggunaan material inovatif dalam meningkatkan kualitas bangunan, tetapi 60% masih mengkhawatirkan biaya produksi dan keterbatasan ketersediaan material di pasar lokal. Dalam konteks regulasi, UU No. 2 Tahun 2017 sebenarnya telah membuka peluang bagi pengembangan teknologi konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Namun, agar adopsi material inovatif lebih luas, diperlukan kebijakan insentif, seperti pengurangan pajak atau subsidi bagi pengembang yang menerapkan material berkelanjutan.

Selain itu, data menunjukkan bahwa wilayah perkotaan lebih cepat mengadopsi material inovatif dibandingkan daerah pedesaan, yang masih menghadapi kendala distribusi dan kurangnya pengetahuan teknis. Kota-kota seperti Jakarta dan Surabaya telah menerapkan kebijakan bangunan hijau yang mendorong penggunaan material ramah lingkungan. Namun, di daerah yang belum memiliki regulasi khusus, adopsi material inovatif masih bergantung pada inisiatif pengembang sendiri. PP No. 16 Tahun 2021 mengatur pentingnya pengawasan dan perencanaan konstruksi yang lebih ketat guna memastikan standar kualitas dan keberlanjutan tetap terpenuhi. Oleh karena itu, pemerintah perlu memperkuat kebijakan pemerataan distribusi material inovatif di seluruh wilayah Indonesia.

Tingkat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya material ramah lingkungan juga berpengaruh terhadap tingkat adopsinya. Konsumen yang lebih peduli terhadap isu lingkungan lebih cenderung memilih bangunan dengan konsep hijau meskipun biaya awalnya lebih tinggi. Untuk meningkatkan kesadaran ini, diperlukan program edukasi dan kampanye publik yang menjelaskan manfaat jangka panjang dari material berkelanjutan. Dalam hal ini, kebijakan pemerintah juga dapat mendukung dengan memberikan insentif bagi masyarakat yang memilih properti dengan standar bangunan hijau.

Dari seluruh hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa inovasi material ramah lingkungan memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas bangunan, tetapi implementasinya masih memerlukan dukungan regulasi yang lebih kuat. Pemerintah perlu memperkuat regulasi terkait penggunaan material berkelanjutan, memberikan insentif yang lebih jelas, serta memperketat standar nasional terkait material inovatif. Dengan pendekatan yang lebih terintegrasi antara regulasi, industri konstruksi, dan masyarakat, sektor konstruksi Indonesia dapat bergerak menuju sistem yang lebih berkelanjutan dan sesuai dengan amanat Undang-Undang Jasa Konstruksi.

KESIMPULAN

Temuan utama penelitian (yang berbeda) menunjukkan bahwa penggunaan material ramah lingkungan meningkatkan kualitas bangunan secara signifikan, dengan peningkatan efisiensi energi sebesar 30% dan kualitas struktural sebesar 15%. Material inovatif memiliki kinerja yang lebih baik di lingkungan tropis Indonesia, seperti yang ditunjukkan oleh ketahanan korosi baja daur ulang sebesar 92 persen dan efisiensi termal panel serat alami sebesar 80 persen. Pola adopsi teknologi menunjukkan kesenjangan

Dalam konteks regulasi, penelitian ini menegaskan bahwa penerapan material ramah lingkungan sejalan dengan ketentuan yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, yang mengamanatkan prinsip keselamatan, ketahanan, dan keberlanjutan dalam industri konstruksi. Selain itu, Peraturan Pemerintah

Nomor 16 Tahun 2021 juga mendorong penggunaan material yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam proses konstruksi. Regulasi ini menjadi dasar hukum yang mendukung transformasi industri konstruksi menuju praktik yang lebih berkelanjutan.

Meskipun material ramah lingkungan menawarkan banyak keunggulan, tingkat adopsinya masih menghadapi tantangan. Biaya produksi yang relatif tinggi serta keterbatasan distribusi di daerah pedesaan menjadi hambatan utama. Dalam hal ini, Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bangunan Gedung dapat menjadi acuan dalam mempercepat penerapan material inovatif, terutama dengan memperkuat kebijakan insentif bagi pengembang yang menggunakan material berkelanjutan. Selain itu, pemerintah perlu mendorong penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan biaya produksi dan membangun rantai pasokan yang lebih efisien agar material inovatif lebih mudah diakses.

Kesimpulannya, inovasi material ramah lingkungan memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas bangunan di Indonesia, tetapi implementasinya memerlukan dukungan yang lebih kuat dari segi regulasi dan insentif ekonomi. Pemerintah perlu memperkuat kebijakan yang mendorong adopsi material berkelanjutan dengan memberikan insentif fiskal dan memperketat standar konstruksi yang sesuai dengan perkembangan teknologi. Dengan pendekatan yang lebih terintegrasi antara kebijakan, industri, dan masyarakat, industri konstruksi di Indonesia dapat bergerak menuju sistem yang lebih berkelanjutan, sejalan dengan amanat Undang-Undang Jasa Konstruksi.

DAFTAR REFERENSI

1. Ahmed, K. S., & Rana, L. R. (2023). Fresh and hardened properties of concrete containing recycled waste glass: A review. *Journal of Building Engineering*, 70. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106327>
2. Alaneme, G. U., Olonade, K. A., & Esenogho, E. (2023). Eco-friendly agro-waste based geopolymer-concrete: A systemareview. *Discover Materials*, 3(1). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s43939-023-00052-8>
3. Alsuhaibani, A. M., Refat, M. S., Qaisrani, S. A., Jamil, F., Abbas, Z., Zehra, A., ... Mubeen, M. (2023). Green buildings model: Impact of rigid polyurethane foam on indoor environment and sustainable development in energy sector. *Heliyon*, 9(3). Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14451>
4. Amin, M. N., Khan, S. A., Khan, K., Nazar, S., Arab, A. M. A., & Deifalla, A. F. (2023). Promoting the suitability of rice husk ash concrete in the building sector via contemporary machine intelligence techniques. *Case Studies in Construction Materials*, 19. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02357>
5. Antoniadou, M., Chrysochoou, G., Tzanetopoulos, R., & Riza, E. (2023). Green Dental Environmentalism among Students and Dentists in Greece. *Sustainability (Switzerland)*, 15(12). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su15129508>
6. Ashori, A., Ayrilmis, N., & Heydari, V. (2023). Enhancing interfacial adhesion through coupling agent incorporation in plywood/ plastic waste composite materials. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 127. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2023.103513>
7. Azhimov, T., & Manukhina, L. (2023). Increasing the environmental potential of territories through the implementation of redevelopment projects. Dalam Grabovyi P.G. (Ed.), *E3S Web Conf.* (Vol. 403). EDP Sciences. Scopus. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340305013>

8. Bakde, S., Suryawanshi, P., Murkute, S., Bharti, R., Kumar Shaw, S., & Ali Khan, H. (2023). Impacts of fibre and wastage material on the sustainable concrete: A comprehensive review. *Materials Today: Proceedings*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.447>
9. Bolotova, A. (2023). Environmental benefits of additive technologies. Dalam Grabovyi P.G. (Ed.), *E3S Web Conf.* (Vol. 403). EDP Sciences. Scopus. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340307019>
10. Bradu, P., Biswas, A., Nair, C., Sreevalsakumar, S., Patil, M., Kannampuzha, S., ... Gopalakrishnan, A. V. (2023). Recent advances in green technology and Industrial Revolution 4.0 for a sustainable future. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(60), 124488–124519. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20024-4>
11. Cai, X., Li, F., Guo, X., Li, R., Zhang, Y., Liu, Q., & Jiang, M. (2023). Research Progress of Eco-Friendly Portland Cement Porous Concrete: A Review. *Journal of Renewable Materials*, 11(1), 103–130. Scopus. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.022684>
12. César, E., Castillo-Campohermoso, M. A., Ledezma-Pérez, A. S., Villarreal-Cárdenas, L. A., Montoya, L., Bandala, V. M., & Rodríguez-Hernández, A. M. (2023). Guayule bagasse to make mycelium composites: An alternative to enhance the profitability of a sustainable guayule crop. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102602>
13. Chauhan, Y. S., & Kumar, S. (2023). Biochar—Clay Bricks: Manufacturing, Evaluation of Physical Properties and Strength Analysis. Dalam Goyal S.K., Singh K.R., & Sharma P. (Ed.), *AIP Conf. Proc.* (Vol. 2721). American Institute of Physics Inc. Scopus. <https://doi.org/10.1063/5.0154086>
14. Dharmasastha, K., Samuel, D. G. L., Nagendra, S. M. S., & Maiya, M. P. (2023). Impact of indoor heat load and natural ventilation on thermal comfort of radiant cooling system: An experimental study. *Energy and Built Environment*, 4(5), 543–556. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.04.003>
15. EL-Mously, H., Midani, M., & Darwish, E. A. (2023). Date Palm Byproducts as Timber and Wood Substitutes. Dalam Mater. Horiz. (hlm. 139–177). Springer Nature. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0475-4_6
16. Fan, Z., Ye, G., Li, S., Bai, Z., Yong, Q., Zhang, Y., & Hu, Y. (2023). Compression performance and failure mechanism of honeycomb structures fabricated with reinforced wood. *Structures*, 48, 1868–1882. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.01.087>
17. Husin, A. E., Ardiansyah, M. K., Kusumardianadewi, B. D., & Kurniawan, I. (2023). A Study on the Application of Green Retrofitting in the Ready-Mix Concrete (RMC) Industry in Indonesia to Improve Cost Retrofitting Performance. *Civil Engineering and Architecture*, 11(5), 2958–2973. Scopus. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110812>
18. Jung, C., Abdelaziz Mahmoud, N. S., Al Qassimi, N., & Elsamanoudy, G. (2023). Preliminary Study on the Emission Dynamics of TVOC and Formaldehyde in Homes with Eco-Friendly Materials: Beyond Green Building. *Buildings*, 13(11). Scopus. <https://doi.org/10.3390/buildings13112847>
19. Kiran, T., Chethana, M. V., Singh, P., Joshi, J., & Jain, P. (2023). Hybrid Nanocomposites Eco-Friendly Future Material. Dalam *Nanoparticles in*

- Diagnosis, Drug Delivery and Nanotherapeutics (hlm. 172–188). CRC Press. Scopus. <https://doi.org/10.1201/9781003316398-8>
20. Krishna Teja, J. M., Chris Doel Biju, P., Goutham Sai Aditya Varma, C., Kumar, R. R., Singh, D., & Gaur, P. (2023). Fatigue behavior of hybrid eco-composites: A review. *Mater. Today Proc.*, 72, 2245–2250. Elsevier Ltd. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.211>
 21. Kumar, R., Aggarwal, V., & Gupta, S. M. (2023). Alternate Material's Approach Toward Green Construction. Dalam Arockiarajan A., Duraiselvam M., Raju R., Reddy N.S., & Satyanarayana K. (Ed.), *Lect. Notes Mech. Eng.* (hlm. 149–162). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5347-7_12
 22. Minde, P., Bhagat, D., Patil, M., & Kulkarni, M. (2023). A state-of-the-art review of ferrocement as a sustainable construction material in the Indian context. *Materials Today: Proceedings*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.250>
 23. Muñoz, F. B. S., Céspedes, A. M. S., Romero Cueva, Y. J., & Porras, V. Z. Q. (2023). Preparation Of Eco-Friendly Painting Based On Dairy Products For Masonry And Wooden Walls, Cajamarca, 2023. *Proc. LACCEI int. multi-conf. eng. educ. technol.* Dipresentasikan pada Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. Scopus. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.446>
 24. Nasir, S. N. C. M., Ariffin, N. H. M. Y., Alwi, N. M., Aziz, S., Amin, N. I. M., & Maharimi, M. F. (2023). Pragmatic Consideration on Eco-Friendly Building Materials for Healthy Homes. Dalam *Handb. Of Research on Inclusive and Innovative Architecture and the Built Environment* (hlm. 319–338). IGI Global. Scopus. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8253-7.ch017>
 25. Noor Abbas, A.-G., Nora Aznieta Abdul Aziz, F., Abdan, K., Azline Mohd Nasir, N., & Fahim Huseien, G. (2023). Experimental evaluation and statistical modeling of kenaf fiber-reinforced geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 367. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130228>
 26. Parlato, M. C. M., Midolo, G., Porto, S. M. C., & Valenti, F. (2023). Physical and Mechanical Characterization of a Low-Quality Sheep Wool Fiber. Dalam Ferro V., Giordano G., Orlando S., Vallone M., Cascone G., & Porto S.M.C. (Ed.), *Lect. Notes Civ. Eng.: Vol. 337 LNCE* (hlm. 1183–1191). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30329-6_122
 27. Petkar, M. V., Chandrasekar, B., Pillai, S. S., & Radhika, B. S. (2023). GREEN, BIOBASED SOLUTIONS FOR PAPER INDUSTRY. *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*, 35(1), 90–94. Scopus. Diambil dari Scopus.
 28. Rahmathulla Noufal, E., Kasthurba, A. K., Sudhakumar, J., & Manju, U. (2023). In-depth assessment of structural and mechanical properties of copper slag as an eco-friendly alternative construction material. *Journal of Structural Engineering (India)*, 50(3), 226–235. Scopus. Diambil dari Scopus.
 29. Ramadan, R., Khatib, J., Ghorbel, E., & Elkordi, A. (2023). Effect of Adding *Phragmites-Australis* Plant on the Chemical Shrinkage and Mechanical Properties

- of Mortar. Dalam RILEM Bookseries (Vol. 45, hlm. 573–584). Springer Science and Business Media B.V. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33465-8_43
30. Salim, N., & Sarmin, S. N. (2023). Biocomposites as Structural Components in Various Applications. Dalam *Cellulose: Development, Processing, and Applications* (hlm. 105–117). CRC Press. Scopus. <https://doi.org/10.1201/9781003358084-7>
31. Sanei, M., Khodadad, M., & Calonge Reillo, F. (2023). Identifying the Most Significant Factors Affecting Urban Housing Sustainability and Their Scales/Sectors of Influence: A Systematic Review of the Recent Literature. Dalam Springer. *Proc. Earth. Environ. Sci.* (hlm. 89–105). Springer Nature. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26365-1_8
32. Siva Kumar Reddy, Y., & Balasubramanian, K. (2023). Design and energy analysis of 100% fresh air based hybrid liquid desiccant air conditioning system – A case study of a thermal power plant TG building. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 237(5), 1653–1669. Scopus. <https://doi.org/10.1177/09544089221131215>
33. Tanta, A., & Kanwar, V. S. (2023). Environmental Assessment of Hemp Concrete over Carbon Emissions. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 10(6), 65–73. Scopus. <https://doi.org/10.14445/23488352/IJCE-V10I6P107>
34. Terrones-Saeta, J. M., Luis, A. T., Romero, E., Fortes Garrido, J. C., Diaz-Curiel, J., & Grande, J. A. (2023). Factor Analysis of the Physical–Mechanical Properties for Geopolymers Based on Brick Dust and Biomass Bottom Ash as Eco-Friendly Building Materials. *Processes*, 11(8). Scopus. <https://doi.org/10.3390/pr11082491>
35. Ullah, Z., Nasir, A. R., Alqahtani, F. K., Ullah, F., Thaheem, M. J., & Maqsoom, A. (2023). Life Cycle Sustainability Assessment of Healthcare Buildings: A Policy Framework. *Buildings*, 13(9). Scopus. <https://doi.org/10.3390/buildings13092143>
36. Zapata, N., Restrepo, A., Arias, Y., & Ochoa, J. (2023). Compressive Behaviour of Alkali Stabilized Quarry Sludge Blocks. Dalam RILEM Bookseries (Vol. 40, hlm. 906–915). Springer Science and Business Media B.V. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21735-7_96